

Fertilização Silicatada na Severidade de Brusone, na Incidência de Insetos-praga e na Produtividade de Arroz Irrigado

Alberto Baêta dos Santos¹
Anne Sitarama Prabhu²
Evane Ferreira (in memoriam)³
Nand Kumar Fageria⁴

Introdução

Na região tropical, tem-se verificado que a produtividade de arroz irrigado é menor que a na região subtropical devido à maior influência de fatores bióticos e abióticos sobre a cultura (SANTOS, 2004). Como fatores bióticos, consideram-se a ocorrência de doenças, como brusone (*Pyricularia grisea*), queima-da-bainha (*Rhizoctonia solani*), escaladadura (*Microdochium oryzae* (Hashioka & Yokogi) Samuels & I. C.), mancha-parda (*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker) e mancha-de-grãos (*Bipolaris oryzae*, *Alternaria padwickii*, *Phoma sorghina*, *Curvularia lunata*), e de insetos-praga, como percevejo-do-grão (*Oebalus* spp. (Dallas) (SANTOS, 2004).

O silício (Si) é um elemento benéfico para as plantas (MARSCHNER, 1995), podendo aumentar a produtividade de algumas espécies, e potencializar processos fisiológicos nas plantas (KORNDÖRFER et al., 1999; DATNOFF et al., 2001). O Si promove o crescimento da planta de arroz e eleva o nível de resistência a diferentes enfermidades. Assim, uma das alternativas para o controle de enfermidades consiste no uso de adubação silicatada.

O Si é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, depois do oxigênio. No entanto, o cultivo intensivo pode reduzir os níveis de Si disponíveis para a planta ao ponto que a suplementação de Si seja necessária.

Adubações nitrogenadas em excesso podem reduzir o teor de Si nas plantas e o número de células epidérmicas silicatadas devido ao efeito de diluição desse elemento propiciado pelo maior crescimento das plantas. A acumulação de SiO₂ nas células da epiderme foliar aumenta a resistência mecânica dos tecidos à brusone e a insetos-praga (MARSCHNER, 1995). A silicificação de células está relacionada com a nutrição de potássio. A deficiência de K reduz a acumulação de SiO₂ nas células da epiderme foliar e facilita a penetração do fungo. No controle das doenças, o balanço nutricional é tão importante quanto o nível de um determinado nutriente (FAGERIA et al., 1997).

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do serpentinito calcinado e da volastonita na redução da severidade de brusone e da mancha-de-grãos e da incidência de insetos-praga, e na produtividade de arroz no cultivo principal e na soca.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Km 12 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. baeta@cnpaf.embrapa.br

² Biólogo, Ph.D. em Fitopatologia, Embrapa Arroz e Feijão. prabhu@cnpaf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Entomologia, Embrapa Arroz e Feijão evane@cnpaf.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas. fageria@cnpaf.embrapa.br

Material e métodos

O estudo consistiu da condução de um experimento em casa-de-vegetação e quatro em campo. Em casa-de-vegetação, foi avaliado o efeito das doses de 0, 1, 2, 4 e 8 t ha⁻¹ de serpentinito calcinado e volastonita sobre a severidade da brusone nas folhas da cv. Metica 1 de arroz irrigado. O serpentinito calcinado constitui um subproduto da atividade industrial da mineração de amianto e a volastonita é um metassilicato de cálcio natural e é considerada uma fonte padrão nos estudos com Si. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliadas a severidade da brusone nas folhas e a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA).

Os experimentos de campo foram conduzidos em dois locais. Na Fazenda Cachoeirinha, no município de Dueré, TO, e, no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Formoso do Araguaia, TO, ambos em um Gleissolo Háplico Ta distrófico, textura franco argilo arenosa. Em cada local, um experimento foi com a cv. BRS Formoso de arroz irrigado suscetível à brusone e um com a linhagem resistente CNA 8502, para estudar os efeitos do Si e da aplicação de fungicida sobre a severidade de brusone. Foram avaliadas as doses de 0, 2, 4, 6, 8 t ha⁻¹ de serpentinito calcinado proveniente de Minaçu, GO, como fonte de Si, e dos tratamentos fitossanitários sem e com duas pulverizações do fungicida tricyclazole (300 g p.c. ha⁻¹) e do inseticida lambda - ciotrina (100 ml p.c. ha⁻¹), aos dez dias antes da emissão das panículas e com cerca de 5% das panículas emergidas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema de parcelas divididas constituídas pelas doses de serpentinito, e as subparcelas pelos tratamentos fitossanitários.

Aos 35 dias após a emergência (DAE) das plântulas, foi determinada a severidade de brusone nas penúltimas folhas dos colmos principais, usando-se uma escala de dez graus. Por ocasião da colheita, foram coletadas 20 panículas para avaliação do índice de mancha-de-grãos que foi determinada pela fórmula: índice de mancha-de-grãos = S (valor de classe x frequência) / número total de grãos.

Durante o ciclo das plantas de arroz, foram realizadas avaliações na infestação e dano de insetos-praga que atacaram folhas, colmos, raízes e panículas. As amostragens dos artrópodes foram realizadas com rede de varredura, efetuando-se três redadas simples por subparcela. Para a determinação do dano de lagarta foram examinadas as três últimas folhas e para o ataque de gorgulho aquático, postura de *Diatraea* e coração-morto por *Diatraea* e *Tibraca* foram avaliados dez colmos em cada subparcela. A qualidade de grãos foi avaliada em 50 espiguetas, pela emergência de plântulas e manchas no endosperma causadas por picadas de percevejo-do-grão.

Resultados e discussão

Em casa-de-vegetação, a aplicação de serpentinito reduziu a severidade da brusone nas folhas de arroz aos 32 DAE com resposta quadrática, tendo a máxima eficiência ocorrido com 6,1 t ha⁻¹ de serpentinito (Figura 1a). A volastonita reduziu linearmente a severidade da brusone nas folhas a uma taxa de 3,8% por tonelada de serpentinito. Houve resposta quadrática da MSPA às doses das duas fontes de Si, sendo as máximas MSPA de 2,24 e 1,64 g por 20 plantas obtidas com 3,8 t ha⁻¹ de serpentinito e de volastonita, respectivamente (Figura 1b). Isso indica que o efeito do serpentinito no crescimento e desenvolvimento das plantas foi mais expressivo que o da mesma dose de volastonita.

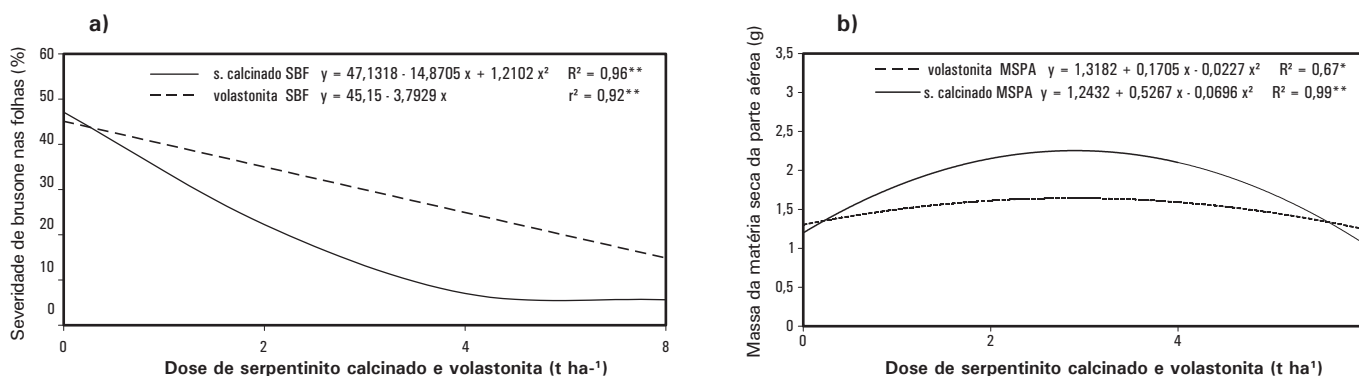


Fig. 1. Relação das doses das fontes de Si com a severidade da brusone nas folhas (SBF) (a) e com a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (b) de 20 plantas da cultivar Metica 1 de arroz irrigado, em casa-de-vegetação.

Em condições de campo, nos dois locais, os tratamentos influenciaram diferentemente o desempenho dos dois genótipos. Com a linhagem CNA 8502, não se observou qualquer influência das doses de serpentinito e dos tratamentos fitossanitários sobre as características das plantas do cultivo principal e da soca. Entretanto, com a cv. BRS Formoso, houve efeitos de doses de serpentinito sobre a MSPA, a produtividade do cultivo principal e a soma das produtividades de grãos do cultivo principal e da soca, e não houve interação com os tratamentos fitossanitários.

Em Dueré, as doses de serpentinito tiveram efeito linear sobre a massa da matéria seca de palha (MS Palha) e quadrático sobre a MSPA do cultivo principal, sendo a biomassa máxima de 1.378 g m⁻² obtida com a dose de 6,8 t ha⁻¹ (Tabela 1). Lee et al. (1990) também verificaram efeitos da aplicação de silicato, como aumento do número e da matéria seca de folhas, número de espiguetas por panículas e qualidade dos grãos. Segundo os autores, isso se deve ao aumento da taxa fotossintética da planta e da eficiência de uso da água devido a prevenção de perda dessa pela transpiração. A produtividade de grãos do cultivo principal e a soma das produtividades do cultivo principal e da soca aumentaram linearmente com as doses de serpentinito, não sendo, portanto, possível determinar a dose que possibilita a maior resposta das plantas (Tabela 1). O incremento na produtividade de grãos foi de 63 e 68 kg ha⁻¹ no cultivo principal e na soma dos dois cultivos, respectivamente. A produtividade da soca não foi influenciada pelas doses de serpentinito, com isso, essa resposta se deve exclusivamente ao efeito no cultivo principal.

A infestação de artrópodes determinada em amostragens durante o ciclo do cultivo principal e da soca de arroz diferiu apenas entre os genótipos. Verificou-se maior número de lagartas, gafanhotos, cicadélídeos, *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus* por redada na linhagem CNA 8502 do que na cv. BRS Formoso, exceto de gafanhotos e cicadélídeos, aos 78 DAE e de delfacídeos, aos 29 DAE. A cv. BRS Formoso apresentou maiores percentuais de colmos com coração-morto, o que resultou em um menor número de perfilhos férteis e de panículas com ataque na

folha bandeira que a linhagem CNA 8502. Apresentou também melhor qualidade de grãos, pois teve mais endosperma sem manchas e massa de espiguetas por panícula. Os percentuais de folhas atacadas por mastigadores e de plântulas emergidas não diferiram entre os genótipos. O desempenho da linhagem CNA 8502 pode indicar maior tolerância aos insetos-praga que a cv. BRS Formoso. Ferreira (2006) mencionou que em vários estudos foi verificada a existência de variabilidade genética de arroz a determinados insetos-praga, como a *Diatraea saccharalis*, *Tibraca limbativentris* e *O. poecilus*.

Houve interação entre sistema de cultivo, principal e soca, e genótipo na qualidade de grãos. A linhagem CNA 8502 apresentou danos mais severos causados por artrópodes na soca do que no cultivo principal e a cv. BRS Formoso nos dois sistemas de cultivo, pois teve menores porcentagens de endosperma sem manchas causadas por picadas de percevejo-do-grão e de plântulas emergidas. Ferreira (2004) relatou maior número de *O. poecilus* coletados com rede de varredura na soca que no cultivo principal. O autor considerou que, em condições tropicais, *Oebalus* spp. provavelmente é a principal ameaça ao cultivo da soca, seja pela reincidência de adultos e ninfas do cultivo principal ou por migração de outras áreas. As doses de serpentinito tiveram efeito quadrático sobre a porcentagem de endosperma sem manchas, obtendo-se o valor máximo de 91,8% com a dose de 4,5 t ha⁻¹ (Figura 2a). A emergência de plântulas não foi influenciada pela fertilização silicatada. Ferreira (2006) mencionou que áreas escuras na casca e brancas no endosperma são formadas, quando o ataque de percevejo-do-grão ocorre na fase final de desenvolvimento do grão, o que causa o seu enfraquecimento e geralmente quebra durante o beneficiamento.

Na soca, a aplicação de produtos fitossanitários propiciou maior rendimento de grãos inteiros e menor índice de mancha-de-grãos que a testemunha (Tabela 2). Prabhu e Santos (2004) consideraram que a mancha-de-grãos, cujo principal patógeno é *Bipolaris oryzae*, é mais importante na soca que no cultivo principal e sua severidade pode ser reduzida com controle químico.

Tabela 1. Equações de regressão da massa da matéria seca e da produtividade de grãos da cultivar BRS Formoso de arroz irrigado obtidas em razão da aplicação de doses de serpentinito calcinado e coeficientes de determinação (R²), em Dueré e Formoso do Araguaia, TO.

Local	Característica	Equação de regressão	R ²
Dueré	MS Palha ¹ (g m ⁻²)	y = 612,68 + 14,3125 x	0,57 **
	MSPA ² (g m ⁻²)	y = 1168,19 + 62,04 x - 4,583 x ²	0,57 **
	Produtividade de grãos do CP ³ (kg ha ⁻¹)	y = 5194,85 + 62,52 x	0,81 **
	Produtividade de grãos (CP + soca) (kg ha ⁻¹)	y = 6556,63 + 67,66 x	0,69 **
Formoso do	MSPA (g m ⁻²)	y = 719,48 + 62,401 x - 7,387 x ²	0,34 *
	Produtividade de grãos do CP (kg ha ⁻¹)	y = 6179,25 + 164,69 x	0,93 **
Araguaia	Severidade de brusone nas folhas (SBF) (%)	y = 23,23 - 1,4833 x	0,95 **

**, * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

¹Massa da matéria seca de Palha; ²Massa da matéria seca total da parte aérea; ³CP Cultivo principal.

Tabela 2. Efeitos da aplicação de produtos fitossanitários no rendimento de grãos inteiros e no índice de mancha-de-grãos da soca, em Dueré, e na severidade de brusone nas panículas, no rendimento de grãos inteiros, no rendimento industrial de grãos e na produtividade de grãos do cultivo principal da cultivar BRS Formoso de arroz irrigado, em Formoso do Araguaia.

Tratamento	Dueré, soca			Formoso do Araguaia, cultivo principal		
	Rendimento de grãos inteiros (%)	Índice de mancha-de-grãos (nota)	Severidade de brusone na panícula (%)	Rendimento de grãos inteiros (%)	Rendimento industrial de grãos (%)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Sem pulverização	53b ¹	1,10a	4,4a	53b	63b	6.464b
Com pulverização	55a	0,86b	2,5b	55a	65a	7.212a

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em Formoso do Araguaia, as doses de serpentinito tiveram efeito quadrático sobre a MSPA (Tabela 1), sendo a massa máxima de MSPA de 851 g m⁻² obtida com a dose de 4,2 t ha⁻¹. Maior crescimento das plantas de arroz pela aplicação de SiO₂ também foi observado por Prabhu et al. (2001). A produtividade de grãos aumentou linearmente com o aumento das doses de serpentinito. O incremento foi de 165 kg de grãos por tonelada de serpentinito aplicada por hectare. Carvalho-Pupatto et al. (2003) verificaram que o uso de escória contendo Si aumentou o crescimento e a superfície radicular, diminuiu o diâmetro das raízes e elevou os teores de Si no solo e na planta, o que resultou em aumento da produtividade de arroz.

A severidade de brusone nas folhas da cv. BRS Formoso declinou linearmente com o aumento da dose de serpentinito (Tabela 1). O decréscimo correspondeu a uma taxa de 1,48% na severidade de brusone por tonelada de serpentinito aplicada. Nos estudos de Berni e Prabhu (2003), a fertilização silicatada aumentou a eficiência do tratamento das sementes na redução da brusone nas folhas. Os autores obtiveram diminuição da severidade da brusone com o aumento das doses de Si e verificaram que as correlações entre a área sob a curva de progresso da doença e as doses foram lineares e negativas. Por ocasião da colheita da cv. BRS Formoso, o índice de mancha-de-grãos causadas por fungos declinou

exponencialmente, obtendo-se o menor valor com 5,2 t ha⁻¹ de serpentinito (Figura 2b). Estudos de Datnoff et al. (1991) demonstraram que a fertilização com Si na cultura do arroz reduziu a incidência de brusone entre 17% e 31%.

Houve efeito significativo da aplicação de serpentinito calcinado sobre a incidência de brusone nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e o teor de açúcar solúvel nas folhas da cultivar BRS Formoso. Na avaliação feita aos 35 dias após a emergência das plântulas, a severidade da brusone e o teor de açúcar solúvel nas folhas da cultivar BRS Formoso de arroz irrigado reduziram linearmente com o aumento da dose de serpentinito calcinado (Figura 3). Enquanto a dose de serpentinito calcinado aumentou de 0 para 8 t ha⁻¹, houve decréscimo na severidade de brusone de 23 para 11% e no teor de açúcar solúvel de 2,0 para 1,7%, correspondendo a 51 e 13% de redução, respectivamente. A relação entre o teor de açúcar solúvel com a severidade de brusone nas folhas foi linear e crescente (Figura 3), ou seja, maior teor de açúcar nas folhas propicia maior severidade da doença. Com isso, a aplicação de serpentinito calcinado diminui o teor de açúcar solúvel e, conseqüentemente, reduz a severidade de brusone nas folhas. O papel do Si na resistência da brusone tem sido considerado principalmente mecânico pela formação de uma barreira física à penetração do fungo.

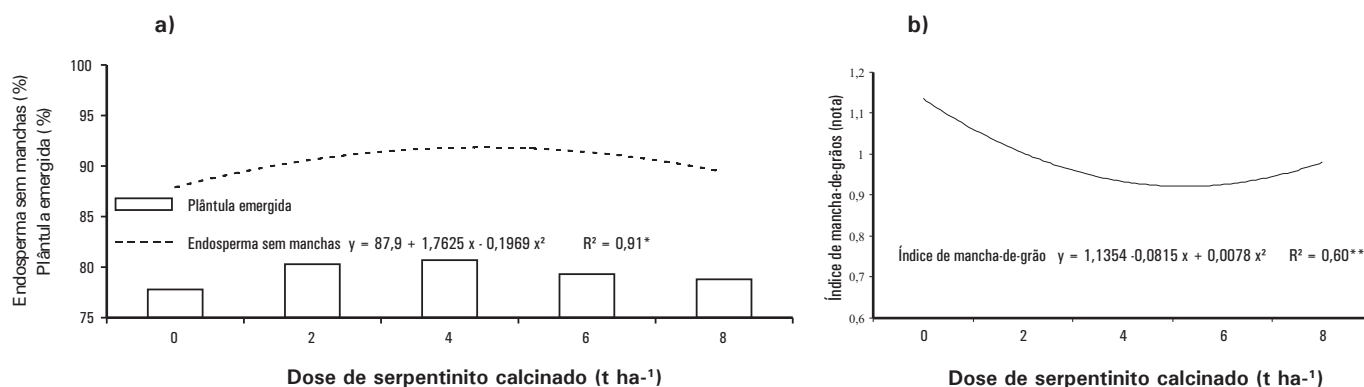


Fig. 2. Efeitos do serpentinito calcinado na qualidade de grãos de arroz avaliada pelas porcentagens de manchas no endosperma, causadas por picada de percevejo-do-grão (*Oebalus* spp.), na cultivar BRS Formoso e de plântulas emergidas dos dois genótipos, em Dueré (a), e no índice de mancha-de-grãos causada por fungos na cultivar BRS Formoso, em Formoso do Araguaia (b).

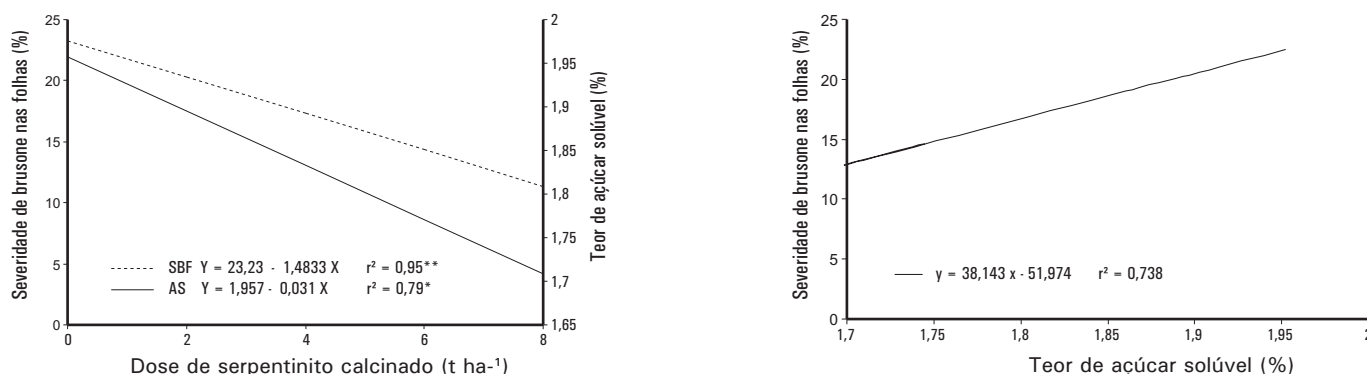


Fig. 3. Efeitos do serpentinito calcinado na severidade de brusone nas folhas e no teor de açúcar solúvel nas plantas de arroz e relação entre o teor de açúcar solúvel e a severidade de brusone nas folhas da cultivar BRS Formoso.

No cultivo principal, as pulverizações com o fungicida tricyclazole reduziram a severidade de brusone nas panículas, aumentaram a produtividade e o rendimento de grãos inteiros, o que resultou na melhoria da qualidade industrial de grãos da cv. Formoso (Tabela 2). Em experimentos realizados na Colômbia, Seebold et al. (2004) verificaram que a aplicação de 1 t ha⁻¹ de silício reduziu a brusone nas panículas mais eficientemente ou melhor do que a pulverização do fungicida tricyclazole.

Conclusões

O serpentinito calcinado aumenta a fitomassa, a qualidade e a produtividade de grãos apenas da cultivar de arroz irrigado susceptível à brusone e é tão ou mais eficiente que a volastonita. A porcentagem de endosperma com manchas, causadas por picadas de percevejo-do-grão, da cv. BRS Formoso reduz com aumento das doses de serpentinito calcinado. A aplicação de Si contribui para o manejo sustentável de brusone e de insetos-praga, melhora a qualidade comercial e aumenta a produtividade de arroz irrigado.

Agradecimentos

Dedicamos esse trabalho ao inesquecível companheiro Evane Ferreira (*In memoriam*), pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, pelos inestimáveis serviços prestados ao Brasil, no campo da entomologia agrícola, dedicando-se com tanto entusiasmo à tarefa de contribuir para o estabelecimento do manejo integrado de pragas da cultura do arroz e, em especial, pela participação a todas as etapas dessa pesquisa.

Referências

- BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 195-201, fev. 2003.
- CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; SILVA, R. H. da. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 11, p. 1323-1328, nov. 2003.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403 p.
- DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Disease**, St Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, July 1991.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624 p.
- FERREIRA, E. Fauna prejudicial. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 539-620.
- FERREIRA, E. Orizívoros e seu controle. In: SANTOS, A. B. dos (Ed.). **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p. 127-172.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 101-106, jan./mar. 1999.

LEE, D. B.; KWON, T.O.; PARK, K.H. Influence of nitrogen and silica on the yield and the lodging related traits of paddy rice. **Research Reports of the Rural Development Administration. Soil & Fertilizer**, Suweon, v. 32, n. 2, p. 15-23, 1990.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon from rice disease control perspective in Brazil. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. K. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 293-311.

PRABHU, A. S.; SANTOS, A. B. dos. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A. B. dos (Ed.). **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p. 109-126.

SANTOS, A. B. dos. Importância e características. In: SANTOS, A. B. dos (Ed.). **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p. 15-36.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHARÉK, T. A.; SNYDER, G. H. Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 3, p. 253-258, Mar. 2004.

**Comunicado
Técnico, 145**

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural

Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2007): 1.000 exemplares

**Comitê de
publicações**

Presidente: *Luis Fernando Stone*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto R. da Silva*

José Alexandre Freitas Barrigossi

Valácia Lemes da Silva Lobo

Expediente

Supervisor editorial: *André Ribeiro Coutinho*

Revisão de texto: *André Ribeiro Coutinho*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*